Method of Tantalum Nitride Barrier in Copper Metallization PAT. NO. 280002

The invention discloses a method of fabricating a tantalum nitride (TaN) diffusion barrier for innovative copper metallization in semiconductor devices. The method includes steps to fabricate a semiconductor device on the silicon substrate with a device contact means. Prior to the deposition of copper interconnects, a TaN thin film as a diffusion barrier is deposited on the substrate by the low-pressure chemical vapor deposition (LP-CVD) process. Photolithography, covering the electroplating of Cu followed by photoresist applications and so on, is used to form TaN diffusion barrier. The TaN film deposition is carried out by using a metal organic precursor, terbutylimido-tris-diethylamido tantalum, TBTDET, at a pressure about 10^{-5} torr in a cold-walled reactor. Evaporation of the metal organic precursor is under 40 to 50 °C, and the typical deposition pressure is about 20 mtorr. Experiments show that the CVD process renders TaN low carbon impurity and lower electrical resistivity while encapsulating Cu to prevent it from migrating through the device which will cause detriment to device properties.

LEARNING TECH
www.learningtech.com.tw
中華民國專利資訊網

seednet
sees your needs

LEARNING TECH
www.learningtech.com.tw

**本系統專利資料僅供參考，不作為准駁依據，所有資料以經濟部智慧財產局公告為準 | 中文造字安裝程式：(約1.6M)

00280002 -- 核准公告專利公報資料

銅金屬化之鉭氮化物擴散屏蔽製作方法	
專利公告號	00280002
卷號	23
期號	19
公告日期	1996/7/1
國際專利分類號	H01L 21/205
申請案號	0084112982
申請日期	1995/12/6
申請人	聯華電子股份有限公司 ;新竹科學工業園區工業東三路三號
發明人	孫喜棱 ;台北市信義區吳興街六〇〇巷三十二號 裘性天 ;台北市光復南路四一七號十樓之三 蔡明興 ;嘉義市玉山路一二九號
證書號	078963
授權註記	無
讓與註記	無
繼承註記	無
異議註記	無
舉發註記	無
消滅日期	
撤銷日期	
專利權法定起迄日	1996/07/01 - 2015/12/05
年費有效日期	2004/06/30
年費有效年次	8

連穎科技股份有限公司 (c) Copyright 2003 Learningtech Corp.

公告本

280002

申請日期	84.12.06
案號	84112982
類別	H01L 21/205

（以上各欄由本局填註）

A4
C4

280002

發明／新型 專利說明書

一、發明／新型 名稱	中文	銅金屬化之鉭氮化物擴散屏蔽製作方法
	英文	
二、發明／創作 人	姓名	1 孫喜眾 2 蔡明興 3 龔性天
	國籍	中華民國
	住、居所	1 台北市吳興街 600 巷 32 號 2 嘉義市玉山路 129 號 3 台北市光復南路 417 號 10 樓之 3
三、申請人	姓名（名稱）	聯華電子股份有限公司
	國籍	中華民國
	住、居所（事務所）	新竹科學工業園區工業東三路三號
	代表人姓名	曹興誠

1

裝 訂 線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

280002

A5
B5

四、中文發明摘要（發明之名稱：銅金屬化之鉭氮化物擴散屏蔽製作方法）

本發明揭示半導體元件先進銅金屬化之一種鉭氮化物擴散屏蔽製作方法。此方法其步驟包含在一矽基體上製備一半導體元件，其具有擁有一接觸窗的組件。在沈積銅配導線之前，執行一鉭氮化物低壓化學氣相沉積程序以沉積一層鉭氮化物薄膜於該元件基體的表面上。鍍銅之後即製作一光阻層以對該沉積之銅金屬進行圖像成形，並再對沉積薄膜層進行圖像成形以形成該金屬化擴散屏蔽層。其中鉭氮化物低壓化學氣相沉積程序包括使用一金屬有機前驅物過丁基亞胺-三-二乙基醯胺鉭(TBTDET)，在一冷壁低壓反應器中以大約在10^{-5}托爾的較低基本壓力，進行沉積一層鉭氮化物。金屬有機前驅物來源可在約40至50℃之下蒸

英文發明摘要（發明之名稱：）

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝　訂　線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

280002

A5
B5

四、中文發明摘要（發明之名稱：　　　　）

發，而典型的沉積壓力約爲20毫拖爾(mtorr)。實驗結果顯示此化學氣相沈積方法可得到低碳含量與低電阻值之鉭氮化物，同時此鉭氮化物可有效保護半導體元件不受銅擴散而影響其特性(電性與物性)

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝
訂
線

英文發明摘要（發明之名稱：　　　　）

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明（ 1 ）

本發明係有關於半導體元件中銅金屬化(copper metallization)之鉭氮化物(tantalum nitride)擴散屏蔽(diffusion barrier)及其製法，特別是有關於利用以有機金屬化學氣相沉積法(MOCVD, metal organic chemical vapor deposition)爲基礎，製作半導體元件中銅金屬化之具有良好抗擴散特性與低電阻係數的鉭氮化物擴散屏蔽層的製程。

半導體元件中之金屬化(metallization)所使用的鋁具有其特性上的限制。隨著半導體元件體積的快速縮小化與功能的提昇，需要使用比鋁具有更佳導電性的金屬材質來施行金屬化。

諸如TiN與TaN等的耐高溫金屬氮化物已有人提出，並對之進行研究，以期建構具有低電阻係數，且在溫度上具有穩定特性，並亦具有穩定黏附特性的金屬化方法。例如，M. Witmer在其於J. Vac. Sci. Technol. A. 3, 1797 (1985)中，以及M. A. Faroog等人在其於J. Appl. Phys., 70, 1369 (1991)中的各該論文中皆有提議沉積鈦(Ti)(與/或鉭(Ta)的氮化物，以期達到前述金屬化方法之目的。不過，此金屬氮化物材料係利用在一種氬-氮(Ar-N_2)的氣體環境中，經由Ti與Ta標靶的活化濺鍍而進行沉積的，而其階梯覆蓋率會隨其構形長寬比變大於一而快速地劣化。

因此，本技藝中有人嚐試要發展利用化學氣相沉積(CVD)的程序來沉積耐高溫金屬氮化物薄膜。例如，J. O.

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明（ 2 ）

Olowolafe等人在J. Appl. Phys., 72, 4099 (1992)的文章中揭示了其針對銅(Cu)/化學氣相沉積的TiN薄膜結構之間的擴散性質之研究結果。不過，其研究調查結果顯示，其低壓化學氣相沉積程序所得之TiN，在450℃的溫度下只能維持穩定大約30分鐘。過了大約30分鐘之後，Cu原子即會開始擴散穿透做爲擴散屏蔽層的TiN薄膜，進入矽基體內。

另有R. Fix等人，在其於Chem. Mater., 5, 614 (1993)的文章中嚐試利用$Ta(NMe_2)_5$與氨氣的化學反應來生長化學氣相沉積的TaN薄膜層。R. Fix等人的製作程序造成了正方晶相的Ta_3N_5薄膜。不幸地，此種四方晶相的Ta_3N_5薄膜卻具有極高的電阻係數(大於10^6 μΩ-cm)。做爲金屬化屏蔽層的薄膜，當其具有過高的電阻係數時，即顯著地抵銷了其做爲使用諸如銅等的具高導電性先進金屬化材質的屏蔽層的好處了。

因此，本發明之主要目的係在於提供半導體元件一種銅金屬化之鉭氮化物擴散屏蔽及其製法，其屏蔽層得以在較高的退火溫度下抵擋銅之擴散，並具有較高的溫度穩定性。

本發明之另一目的係在於提供半導體元件一種銅金屬化之鉭氮化物擴散屏蔽及其製法，其屏蔽層得以在較高的退火溫度下穩定地抵擋銅之擴散，同時並具有低電阻之特性。

本發明之再一目的係在於提供半導體元件一種銅金屬化

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明（ 3 ）

化之鉭氮化物擴散屏蔽及其製法，其屏蔽層得以在較高的退火溫度下穩定地抵擋銅之擴散，同時並具有低洩漏電流之特性。

本發明之又一目的係在於提供半導體元件一種銅金屬化之鉭氮化物擴散屏蔽及其製法，其具有良好的製程覆蓋率。

爲達成此目的，依據本發明提供半導體元件金屬化之一種鉭氮化物擴散屏蔽製作方法。此方法其步驟包含在一矽基體上製備一半導體元件，其具有擁有一接觸窗的組件，在沈積銅配導線之前，執行一鉭氮化物低壓化學氣相沉積程序以沉積一層鉭氮化物薄膜於該元件基體的表面上。之後即製作一光阻層以對該沉積之銅金屬層進行圖像成形，並再對沉積薄膜層進行圖像成形以形成該金屬化擴散屏蔽層。其中鉭氮化物低壓化學氣相沉積程序包括使用一金屬有機前驅物過丁基亞胺-三-二乙基醯胺鉭(TBTDET)，在一冷壁低壓反應器中以大約在10^{-5}托爾的基礎壓力，進行沉積一層鉭氮化物。金屬有機前驅物來源可在約40至50℃之下蒸發，而典型的沉積壓力約爲20毫拖爾(mtorr)。

圖式之簡單說明

本發明之其他目的與特點將參考顯示於所附圖式中之具體實施例而進行說明，圖式之中

圖1a-1d爲本發明銅金屬化之鉭氮化物擴散屏蔽其製作於一半導體元件上的過程中之選定步驟的截面圖；

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明（ 4 ）

圖2爲一示意圖，其中顯示前驅物TBTDET的分子結構；

圖3顯示本發明的擴散屏蔽薄膜其沉積速率與薄膜之電阻係數之間之相依關係；

圖4a-4c中分別顯示本發明的TaN薄膜在溫度450，500與550℃時的洩漏電流分佈情形；與

圖5a-5c中分別顯示本發明的TaN薄膜在溫度500，550與600℃時的次離子頻譜曲線。

較佳實施例之說明

本發明之目的係在於發展一種氣相沉積金屬氮化物薄膜，其可以在較高的退火溫度之下抵擋Cu的擴散，而同時又能夠維持高的溫度穩定性。在本發明的一較佳實施例之中，利用低壓化學氣相沉積法，使用一種新的金屬有機的前驅物(precursor)過丁基亞胺-三-二乙基醯胺鉭(terbutylimido-tris-diethylamido tantalum, TBTDET)來沉積具有低電阻係數與低碳濃度的氮化鉭(TaN)薄膜。

圖1a-1d顯示本發明銅金屬化之鉭氮化物擴散屏蔽其製作於一半導體元件上的過程中之選定步驟的截面圖。此些選定的截面圖以示意方示展示本發明製作進步式擴散屏蔽層的簡單步驟。

步驟1

於一矽基體上製備一半導體元件，其具有擁有一接觸窗的組件。

例如，如圖1a中所顯示的，具有諸如一電晶體的一半

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

導體元件係在一基體10上製作，其電晶體之汲極12需要進行金屬化。在覆蓋著基體10表面的絕緣層14上，於汲極12的適當區域中設置有一接觸窗15。

步驟2

執行一金屬氮化物低壓化學氣相沉積程序，以沉積一層金屬氧化物薄膜於元件基體的表面上。

如圖1b中所顯示的，TaN的一薄層19被沉積於元件基體的表面上，覆蓋了包含接觸窗15的整個區域。有機金屬低壓化學氣相沉積的程序可以在一冷壁低壓反應器中進行，其較低的基本壓力大約在10^{-5}托爾(torr)。TaN薄膜20的沉積係使用一金屬有機前驅物過丁基亞胺-三-二乙基醯胺鉭(TBTDET)而進行的。其來源接著可在約40至50℃之下蒸發。典型的沉積壓力應約爲20毫拖爾(mtorr)。

步驟3

沈積銅配導線20於鉭氮化物19之上方，如圖1b所示，以物理氣相沈積(physical vapor deposition,PVD)或化學氣相沈積方式沈積銅膜在鉭氮化物之上。

步驟4

製作一光阻層16以對沉積之銅膜與金屬氮化物進行圖像成形。

如圖1C中所顯示的，一光阻層16接著即可以被形成於前一步驟所沉積之TaN的薄膜層19的表面之上。這可以利用習於本技藝之士所熟知之程序進行。

步驟5

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝 訂 線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

對沉積薄膜層進行圖像成形以形成金屬化擴散屏蔽層。

如圖1d中所顯示的，光阻層16接著即可以被利用做爲一遮罩以對銅膜20和TaN的薄膜層19曝露於光阻層16之外的部份進行受控制的侵蝕處理程序，以便形成如圖中所顯示的銅配導線金屬化擴散屏蔽層22。

圖2中的示意圖顯示了前驅物TBTDET的分子結構：$Ta{=}NBu^t(NEt_2)_3$。強固的Ta=N雙鍵保留了此前驅物中的「TaN」部份，並在熱解處理的程序之中造成了一種立方體晶相的TaN膜。

數種不同的測試與實驗程序被用來將本發明的方法所製作的擴散屏蔽層之各種特性與習知技藝者相比較。首先，圖3中的本發明之擴散屏蔽薄膜，其沉積速率與薄膜之電阻係數之間之相依關係顯示，在本發明之較佳實施例之中，沉積的速率大致是與半導體基體的不相關聯的。不過，較高的沉積溫度大致上可獲得較低的電阻係數。最佳的，亦即最低的600μΩ-cm左右的電阻係數係在大約45℃的來源溫度與600℃的基體溫度下獲得的。

依據本發明之較佳實施例，於450℃與600℃所分別沉積製作的TaN層，亦經過掃描電子顯微鏡(scanning electron microscope)的掃描照像以檢查其沉積之階梯覆蓋率(step coverage)。SEM顯微照像圖顯示以450℃的溫度進行沉積的薄膜具有近乎100%的階梯覆蓋率，並且亦不具有明顯的晶格構造。以600℃的溫度進行沉積的薄膜，

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

其階梯覆蓋率則降至大約40%，但在其接觸底部的轉角區域則仍然展現了極佳的覆蓋連續性。

爲了測試本發明之低壓化學氣相沉積方法所製作之TaN薄膜，其做爲抵擋Cu擴散的屏蔽層時的熱穩定性，在眞空的環境之下分別於450，500與550℃的溫度下持續30分鐘測量通過屏蔽層的洩漏電流強度。如圖4a-4c中所顯示的，洩漏電流在溫度升至500℃時仍可保持穩定。如同圖5a-5c中的次離子頻譜曲線（secondary ionic mass spectrometric（SIMS）profiles)圖所顯示的，在500°C的溫度下進行退火的數個樣品中的Cu原子顯然是穩定地停留在TaN薄膜中的。在550℃的溫度之下，Cu即開始侵入TaN薄膜之內。TaN層的崩潰發生於600℃時。可以理解的是，TaN晶格邊界中的氮雜質與立方晶格的TaN構造之界面區域處的氮原子阻擋了Cu與Si的擴散路徑，因而造成了本發明較高的擴散間溫度。

因此，本發明的有機金屬低壓化學氣相沉積TaN薄膜，可被利用做爲抵擋先進金屬化之極佳的金屬擴散屏蔽層，其具有良好的階梯覆蓋率，低電阻係數，低洩漏電流，以及良好的溫度穩定性。實驗的結果顯示本發明的TaN薄膜可以在高達500℃的溫度下避免Cu與Si的擴散達到至少30分鐘之久，比之習知技術之化學氣相沉積TiN擴散屏蔽層，本發明顯然已達成明顯之增進功效。

雖然本發明之實施例說明係以半導體元件中之一電晶體組件爲例來說明本發明之擴散屏蔽層之製作程序，但如

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂
線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明（8）

同習於本技藝之士所可以瞭解的，本發明並不僅只限定於電晶體組件金屬化之擴散屏蔽製作而已。本發明前述實施例亦可經過多種的條件修改，而其仍不偏離於本發明精神之範疇。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

六、申請專利範圍

1.半導體元件金屬化之一種金屬氮化物擴散屏蔽製作方法，其步驟包含：

於一矽基體上製備一半導體元件，其具有擁有一接觸窗的組件；

執行一有機金屬低壓化學氣相沉積程序以沉積一層金屬氮化物薄膜於該元件基體表面上；

以物理氣相沈積方式或化學氣相沈積方式沈積銅膜於鉭氮化物上；

製作一光阻層以對該沉積之銅膜進行圖像成形；與

對沉積薄膜層進行圖像成形以形成該金屬化擴散屏蔽層；

其中

該有機金屬低壓化學氣相沉積程序包括使用一金屬有機前驅物過丁基亞胺-三-二乙基醯胺鉭(TBTDET)而進行沉積一層鉭氮化物。

2.如申請專利範圍第1項之一種金屬氮化物擴散屏蔽製作方法，其中該有機金屬低壓化學氣相沉積程序包括在一冷壁低壓反應器中以大約10^{-5}托爾(torr)的基本壓力進行沉積該層鉭氮化物。

3.如申請專利範圍第2項之一種金屬氮化物擴散屏蔽製作方法，其中該有機金屬低壓化學氣相沉積程序包括在該冷壁低壓反應器中於大約40至50℃之下蒸發該金屬有機前驅物之來源而進行沉積該層鉭氮化物。

4.如申請專利範圍第3項之一種金屬氮化物擴散屏蔽製

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準（CNS）A4規格（210×297公釐）

六、申請專利範圍

作方法，其中該金屬氧化物低壓化學氣相沉積程序包括在該冷壁低壓反應器中以典型約爲20毫拖爾(mtorr)的沉積壓力進行沉積該層鉭氮化物。

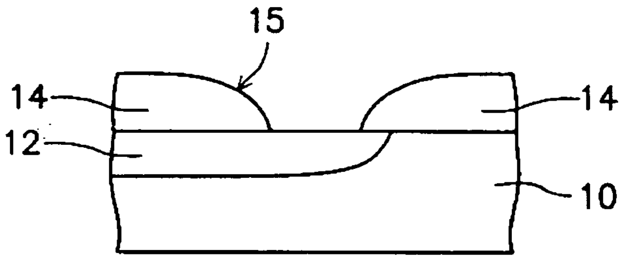
5.如申請專利範圍第1至4項中任一項之一種金屬氮化物擴散屏蔽製作方法，其中該金屬有機前驅物具有$Ta=NBu^t(NEt_2)_3$的分子結構。

6.如申請專利範圍第1至4項中任一項之一種金屬氮化物擴散屏蔽製作方法，其中該金屬有機前驅物具有$Ta=NBu^t(NEt_2)_3$的分子結構，且該沉積之鉭氮化物薄膜係爲立方晶格之薄膜。

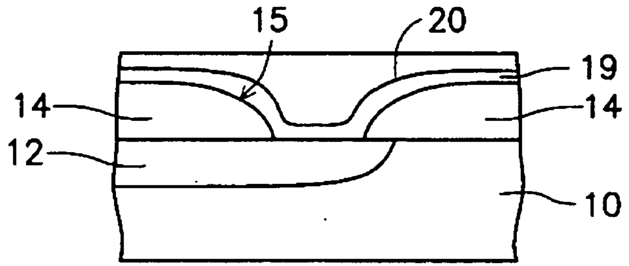
（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）
裝
訂

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

84112982

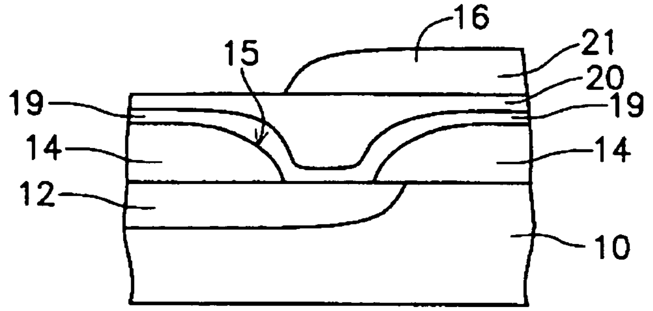


第 1a 圖

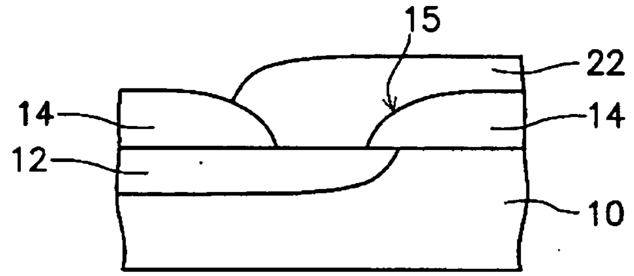


第 1b 圖

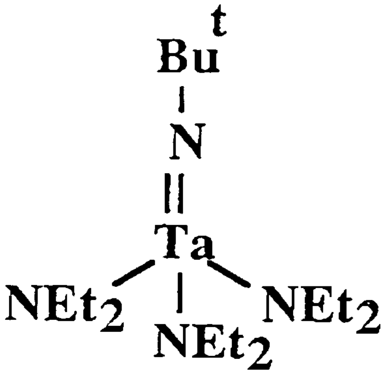
280002



第 1c 圖

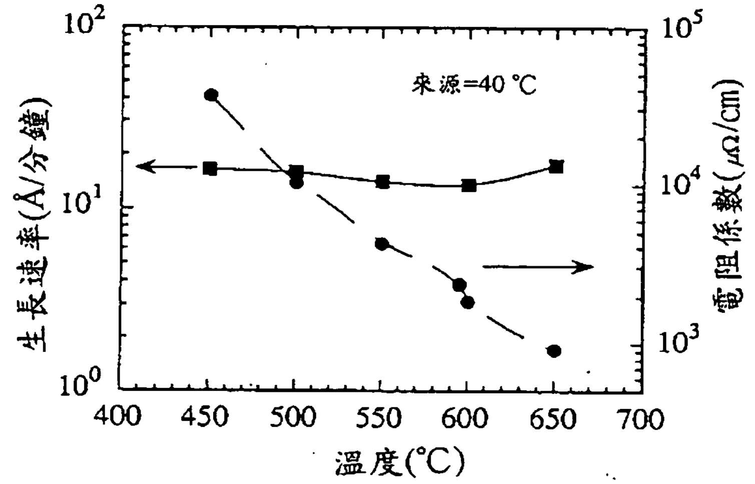


第 1d 圖



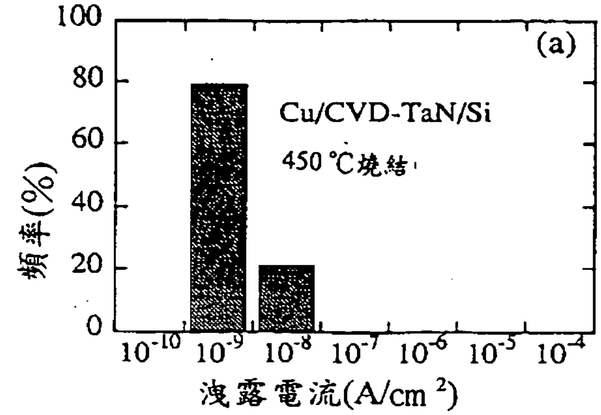
過丁基亞胺-三-二乙基醯胺
鉭之分子結構

第 2 圖

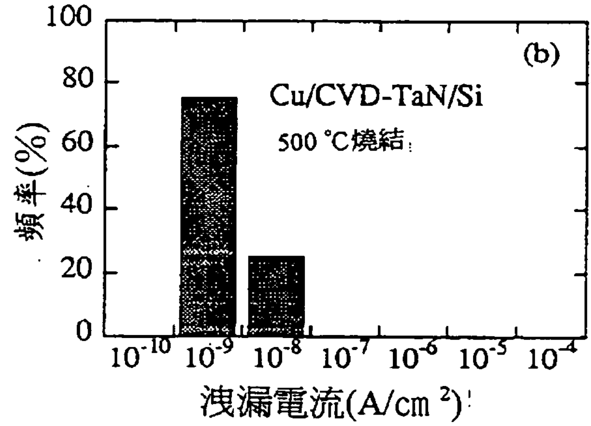


第 3 圖

280002

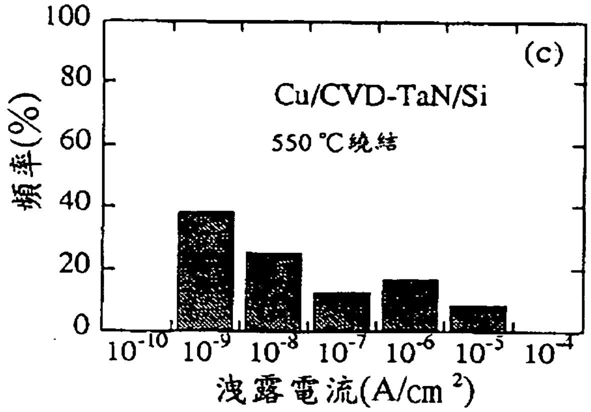


第 4a 圖

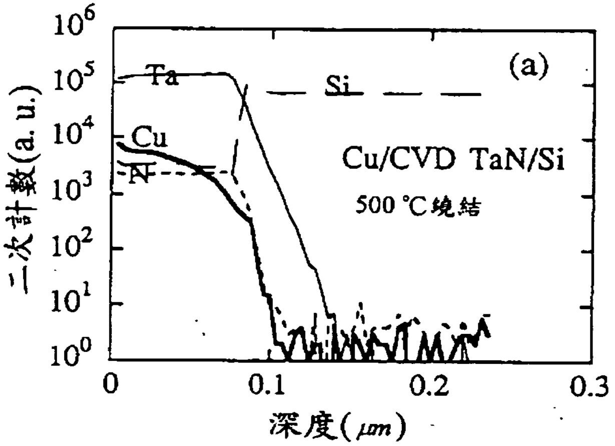


第 4b 圖

280002

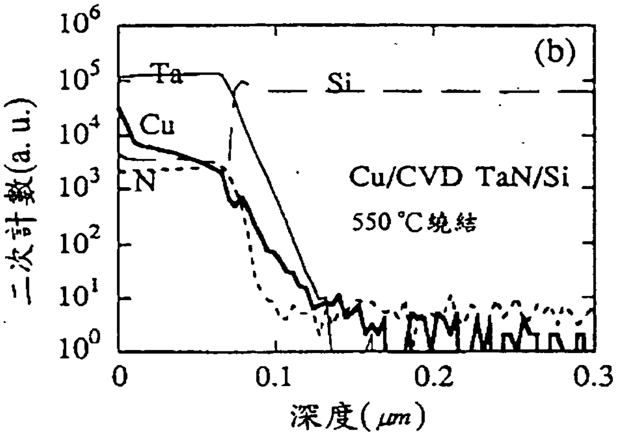


第 4c 圖

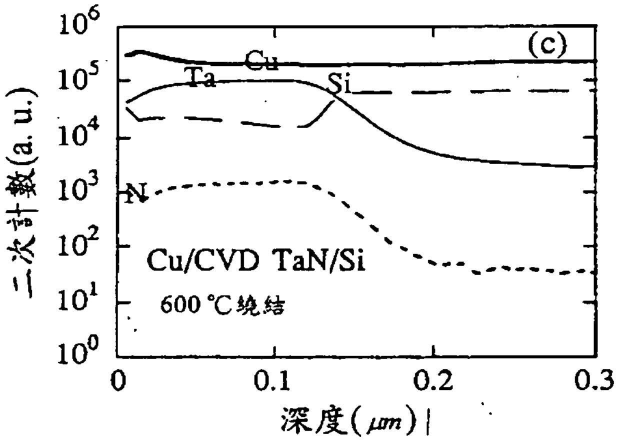


第 5a 圖

280002



第5b圖



第5c圖